

ОПТИМАЛЬНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ УТЕЧКИ ВОЗДУХА ПОСЛЕ РЕЗЕКЦИЙ ЛЕГКОГО ПО ПОВОДУ РАКА

К. Д. Иозефи[✉], Д. А. Харагезов, Ю. Н. Лазутин, О. Н. Статешный, А. Г. Милакин, И. А. Лейман, Т. Г. Айрапетова, В. Н. Витковская, М. А. Гаппоева, Э. А. Мирзоян, М. А. Хомидов, А. Н. Шевченко, С. Н. Димитриади

НМИЦ онкологии, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ K.iozeffi@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Резекция легкого – основное диагностическое и лечебное хирургическое вмешательство при раке легкого. Сброс воздуха по плевральным дренажам нередко возникает после операций на легких из-за повреждения легочной паренхимы. Следовательно, правильное дренирование плевральной полости имеет весьма важное значение для успешного исхода операции. Установка единственного плеврального дренажа после анатомической резекции, отказ от применения вакуум-аспирации и максимально раннее удаление дренажей способствуют быстрой активизации больных в послеоперационном периоде. Длительная утечка воздуха (ДУВ) после резекции легкого в среднем, развивается у 15 % больных раком легкого, оставаясь одним из наиболее распространенных осложнений, неблагоприятно влияющим на реабилитацию больных и приводящим к задержке выписки из больницы. Частота развития эмпиемы при ДУВ составляет 10,4 % при сбросе воздуха более 7 дней по сравнению с 1 % при утечках воздуха менее или равных 7 дням. ДУВ требует длительного дренирования плевральной полости, что усиливает послеоперационную боль, вызывая поверхностное дыхание, затрудненное откашливание приводит к повышенному риску развития пневмонии, снижение подвижности сопровождается высоким риском тромбозомболических осложнений. Кроме того, лечение осложнения связано с необходимостью выполнения дополнительных инвазивных вмешательств таких как химический или механический плевродез. Длительная утечка воздуха связана с увеличением госпитальной летальности. Пациенты с утечкой воздуха имеют в 3,4 раза больший риск смерти, чем больные без нее. Активная тактика применительно к ДУВ включает в себя предоперационное прогнозирование высокого риска осложнения, интраоперационные мероприятия для предотвращения сброса воздуха из паренхимы легкого и послеоперационное лечение для сокращения продолжительности ДУВ. Актуальность проблемы обусловлена тем, что длительная утечка воздуха у больных раком лёгкого после органосохранных операций связана с повышением риска развития инфекционных осложнений в связи с необходимостью длительного дренирования плевральной полости. В данном обзоре основное внимание уделено двум составляющим послеоперационного ведения ДУВ: диагностике с точной оценкой интенсивности сброса воздуха и лечению альвеолярно-плевральных свищей.

Ключевые слова:

резекция легких, длительная утечка воздуха, ведение плевральных дренажей, цифровые дренажные системы, плевродез аутологичной кровью, амбулаторное ведение

Для корреспонденции:

Иозефи Кристиан Дмитриевич – аспирант, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

Адрес: 344037, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, 14-я линия, д. 63

E-mail: K.iozeffi@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5351-3251>

SPIN: 1232-3097, AuthorID: 1122592

ResearcherID: AAZ-3632-2021

Финансирование: финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования:

Иозефи К. Д., Харагезов Д. А., Лазутин Ю. Н., Статешный О. Н., Милакин А. Г., Лейман И. А., Айрапетова Т. Г., Витковская В. Н., Гаппоева М. А., Мирзоян Э. А., Хомидов М. А., Шевченко А. Н., Димитриади С. Н. Оптимальное лечение длительной утечки воздуха после резекций легкого по поводу рака. Южно-Российский онкологический журнал. 2023; 4(1): 79-93. <https://doi.org/10.37748/2686-9039-2023-4-1-8>, <https://elibrary.ru/jffeih>

Статья поступила в редакцию 14.09.2022; одобрена после рецензирования 25.01.2023; принята к публикации 06.03.2023.

© Иозефи К. Д., Харагезов Д. А., Лазутин Ю. Н., Статешный О. Н., Милакин А. Г., Лейман И. А., Айрапетова Т. Г., Витковская В. Н., Гаппоева М. А., Мирзоян Э. А., Хомидов М. А., Шевченко А. Н., Димитриади С. Н., 2023

OPTIMAL MANAGEMENT OF LONG-TERM AIR LEAKAGE AFTER LUNG RESECTIONS FOR CANCER

K. D. Iozefi[✉], D. A. Kharagezov, Yu. N. Lazutin, O. N. Stateshny, A. G. Milakin, I. A. Leyman, T. G. Ayrapetova, V. N. Vitkovskaya, M. A. Gappoeva, E. A. Mirzoyan, M. A. Khomidov, A. N. Shevchenko, S. N. Dimitriadi

National Medical Research Centre for Oncology, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ K.iozeffi@gmail.com

ABSTRACT

Lung resection is the main diagnostic and therapeutic surgical intervention in terms of lung cancer management. Air leak through pleural drains often occurs after lung resections due to damage to the pulmonary parenchyma. Therefore, proper drainage of the pleural cavity is very important for the successful outcome of the operation. The installation of a single pleural drainage after anatomical resection, the refusal to use vacuum aspiration and the earliest possible removal of drains contribute to the rapid activation of patients in the postoperative period. Prolonged air leakage (PAL) after lung resection, on average, develops in 15 % of lung cancer patients, remaining one of the most common complications adversely affecting the rehabilitation of patients and leading to delayed discharge from the hospital. The incidence of empyema with prolonged air leakage is 10.4 % with air discharge for more than 7 days compared to 1 % with air leaks less than or equal to 7 days. PAL requires prolonged drainage of the pleural cavity, which increases postoperative pain, causing shallow breathing, difficulty coughing leads to an increased risk of pneumonia, decreased mobility is accompanied by a high risk of thromboembolic complications. In addition, the treatment of complications is associated with the need to perform additional invasive interventions such as chemical or mechanical pleurodesis. Prolonged air leakage is associated with an increase in hospital mortality. Patients with an air leak have a 3.4 times greater risk of death than patients without it. Active tactics in relation to PAL include preoperative prediction of a high risk of complications, intraoperative measures to prevent air leak from the lung parenchyma and postoperative treatment to reduce the duration of PAL. The urgency of the problem is due to the fact that prolonged air leakage in patients with lung cancer after organ-preserving operations is associated with an increased risk of infectious complications due to the need for prolonged drainage of the pleural cavity. In this review, the main attention is paid to two components of postoperative management of PAL: diagnosis with an accurate assessment of the intensity of air leak and treatment of alveolar-pleural fistulas.

Keywords:

lung resection, prolonged air leakage, chest tube management, digital drainage systems, autologous blood patch pleurodesis, outpatient management

For correspondence:

Kristian D. Iozefi – PhD student, National Medical Research Centre for Oncology, Rostov-on-Don, Russian Federation.

Address: 63 14 line str., Rostov-on-Don 344037, Russian Federation

E-mail: K.iozeffi@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5351-3251>

SPIN: 1232-3097, AuthorID: 1122592

ResearcherID: AAZ-3632-2021

Funding: this work was not funded.

Conflict of interest: authors report no conflict of interest.

For citation:

Iozefi K. D., Kharagezov D. A., Lazutin Yu. N., Stateshny O. N., Milakin A. G., Leyman I. A., Ayrapetova T. G., Vitkovskaya V. N., Gappoeva M. A., Mirzoyan E. A., Khomidov M. A., Shevchenko A. N., Dimitriadi S. N. Optimal management of long-term air leakage after lung resections for cancer. South Russian Journal of Cancer. 2023; 4(1): 79-93. (In Russ.). <https://doi.org/10.37748/2686-9039-2023-4-1-8>, <https://elibrary.ru/jffeih>

The article was submitted 14.09.2022; approved after reviewing 25.01.2023; accepted for publication 06.03.2023.

ВВЕДЕНИЕ

Резекция легких остается основным диагностическим или лечебным вмешательством в торакальной хирургии. В дополнение к всестороннему предоперационному обследованию, тщательному выполнению хирургического вмешательства, надлежащий послеоперационный уход обязательно необходим для достижения благоприятного результата хирургического лечения рака лёгкого (РЛ). Сброс воздуха по плевральным дренажам нередко возникает после операций на легких из-за повреждения легочной паренхимы. Частота сброса воздуха после резекции легкого составляет от 25 % до 50 % в 1-й день после операции и до 20 % во 2-й день [1; 2]. Следовательно, правильное дренирование плевральной полости имеет весьма важное значение для успешного исхода операции. Установка единственного плеврального дренажа (ПД) после анатомической резекции, отказ от применения вакуум-аспирации и максимально раннее удаление дренажа на фоне достаточного обезболивания способствуют быстрой активизации и реабилитации больных в послеоперационном периоде. Сброс воздуха в большинстве случаев прекращается самопроизвольно, но когда он продолжается на 5–7 сутки после операции, то такая длительная утечка воздуха (ДУВ) считается осложнением [3]. ДУВ, вследствие сообщения альвеол легочной паренхимы дистальнее сегментарного бронха с плевральной полостью [3], после резекции легкого в среднем, развивается у 15 % больных РЛ, оставаясь одним из наиболее распространенных осложнений, неблагоприятно влияющим на реабилитацию больных и приводящим к задержке выписки из больницы [4].

Программы улучшенной реабилитации после операции (ERAS) разрабатываются таким образом, чтобы противопоставить возможным осложнениям научно обоснованный подход к их профилактике и лечению. Активная тактика применительно к ДУВ включает в себя предоперационное прогнозирование высокого риска осложнения, интраоперационные мероприятия для предотвращения сброса воздуха из паренхимы легкого и послеоперационное лечение для сокращения продолжительности ДУВ. В данном обзоре основное внимание уделено двум составляющим послеоперационного ведения ДУВ: диагностике с точной оценкой интенсивности сброса воздуха и лечению альвеолярно-плевральных свищей.

Количество дренажей плевральной полости

После анатомической резекции легких традиционно устанавливают апикальную дренажную трубку для отвода воздуха и базальную дренажную трубку для отвода жидкости. Необходимость традиционного подхода недавно оспорена в литературе. К настоящему времени проведено 4 рандомизированных клинических исследования (РКИ) [5–8], одно не рандомизированное исследование [9] и два мета-анализа [10; 11], изучивших результаты послеоперационного ведения дренажей плевральной полости после анатомических резекций легкого. В них сообщается о продолжительности стояния ПД, длительности пребывания в больнице (ДПБ), выраженности послеоперационной боли и осложнениях. Ни в одном исследовании не представлены данные о преимуществе двух ПД по сравнению с одним дренажем плевральной полости. Более короткая продолжительность стояния ПД и ДПБ обнаружена в одном РКИ [6] и в обоих мета-анализах [10; 11]. Один мета-анализ [10] и 3 клинических исследования [5; 7; 9] свидетельствуют об уменьшении послеоперационной боли. Изучение послеоперационных осложнений в 3 РКИ [5–7] и в обоих мета-анализах [12; 13] не выявило различий в зависимости от количества ПД так же, как и в необходимости повторного дренирования плевральной полости.

Оказывается, вполне достаточно одного дренажа плевральной полости, а объединенные данные свидетельствуют о том, что один ПД сокращает продолжительность стояния ПД и ДПБ. На самом деле, у больных с ДУВ и клиническими проявлениями пневмоторакса, не контролируемые с помощью одного ПД, может потребоваться установка второго дренажа. Важно то, что по литературным данным не отмечено уменьшения потребности в повторном дренировании плевральной полости при установке двух дренажей [5–7; 10; 11]. Протоколы ERAS свидетельствуют об успешном использовании одного ПД для управления сбросом воздуха после резекции легкого [14]. Следовательно, несмотря на традиционное использование двух дренажей, вполне достаточно одного сигнального дренажа плевральной полости для контроля сброса воздуха и ведения больных с развившейся ДУВ.

Оценка интенсивности сброса воздуха

Традиционные аналоговые системы позволяют проводить только субъективную статическую оценку сброса воздуха по ПД. Цифровые устройства

дают более объективные данные об интенсивности сброса воздуха путем измерения и непрерывной записи значений потока воздуха в виде объема за единицу времени, т.е. мл/мин. Роль рентгенографии грудной клетки тоже недавно пересмотрена. Кроме того, пациенты нередко выписываются с портативными дренажными устройствами и, следовательно, нуждаются в оценке ДУВ в амбулаторных условиях [12]. Важно отметить, что методы, обсуждаемые ниже, ограничиваются только сбросом воздуха из альвеолярно-плеврального, но не бронхоплеврального свища, который всегда требует другой тактики лечения.

Первоначальные системы дренирования плевральной полости (СДПП) были трех-баллонными дренажными устройствами. Наиболее распространенными аналоговыми дренажными устройствами, используемыми сегодня, являются широко известные: Pleur-evac® (Teleflex Incorporated, США) и Atrium® (Maquet Getinge Group, Германия) [12]. Устройства состоят из камеры сбора жидкости и камеры водяного затвора для измерения интенсивности сброса воздуха. Сброс воздуха измеряется по образованию пузырьков воздуха в камере водяного затвора. Оценка сброса воздуха производится путем регистрации числа на пронумерованном столбце, в который попадают пузырьки воздуха, когда пациент кашляет или выдыхает; чем выше достигнутое число, тем больше интенсивность сброса воздуха. Попытки количественно измерить интенсивность сброса воздуха предпринимались в нескольких классификациях. Однако наиболее часто цитируемой остается Robert David Cerfolio Classification System, представленная 4 классами сброса воздуха: 1-й степени при кашле, 2-й степени при выдохе, 3-й степени при вдохе и 4-й степени с постоянным сбросом (пузырением) во время вдоха и выдоха [13]. Наблюдение пузырьков воздуха в камере водяного затвора метод весьма субъективный, создающий неопределенность в отношении наличия или отсутствия небольшого сброса воздуха, что делает допустимым провокативное перекрытие ПД [15]. Провокативные перекрытия ПД задерживают выписку больных с отсутствием ДУВ или несут риск развития пневмоторакса и подкожной эмфиземы у пациентов с ДУВ.

С 2007 г. стали популярными цифровые СДПП, которые способствуют уменьшению вариабельности в оценке интенсивности сброса воздуха при принятии клинических решений и своевременной

диагностике ДУВ. Они позволяют точно измерять внутриплевральное давление и поддерживать его стабильные отрицательные параметры с помощью электронного датчика и цифровой консоли. Кроме того, цифровые СДПП более портативны по сравнению с СДПП с водяным затвором, что облегчает физическую активность пациентов [12].

Ожидалось, что протоколы, разработанные на основе использования цифровых СДПП, приведут к более простому послеоперационному ведению дренажей плевральной полости. Объективное измерение интенсивности сброса воздуха позволит медицинскому персоналу вовремя определить, когда утечка воздуха прекратилась, что должно способствовать максимально раннему удалению ПД и выписке из больницы. С другой стороны, предполагалось, что использование цифровых СДПП обеспечит активное выявление больных с развитием ДУВ. Выявление ДУВ поможет своевременно определить оптимальную тактику ведения таких пациентов и тех, кому возможна выписка из больницы с портативными дренажными устройствами.

В настоящее время для измерения интенсивности сброса воздуха доступны цифровые СДПП Thoraz® (Medela Healthcare, Баар, Швейцария) и Atmos® (Medizin Technik, Германия), которые позволяют непрерывно измерять поток воздуха и регистрировать его в виде графика в течение 12–48 часов [15]. Потенциальными преимуществами более объективных измерений, предоставляемых цифровыми СДПП, считаются возможность максимально раннего удаления ПД, меньшее количество попыток провокативных пережатий и заблаговременное прогнозирование или ранняя диагностика ДУВ [12]. Проведены многочисленные РКИ, сравнивающие эффективность цифровых и аналоговых СДПП, с первичной конечной точкой в виде продолжительности пребывания в больнице и продолжительности стояния ПД (табл. 1).

Преимущество цифровых СДПП в отношении сокращения продолжительности стояния ПД и сокращения ДПБ продемонстрировано в 5 исследованиях [16–20]. Одно исследование показало меньшую продолжительность стояния ПД без существенной разницы в ДПБ [21]. Отсутствие достоверных различий в продолжительности стояния ПД и в ДПБ зарегистрировано в четырех исследованиях [1; 22; 23] (табл. 1). Два рандомизированных исследования показали, что цифровые устройства привели к меньшему количеству провокативных пережатий ПД [1; 22].

Возможными объяснениями столь различных результатов являются отсутствие единого мнения об интенсивности сброса воздуха перед удалением ПД и разное количество ПД. На самом деле, интенсивность потока воздуха, используемая в качестве порогового значения перед удалением дренажей из плевральной полости, колеблется от 0 до 40 мл/мин в течение различных временных интервалов от 8 до 12 часов [20–24]. В дополнение к сбросу воздуха, количество отделяемой по ПД жидкости является ещё одним критерием, который как правило учитывают перед удалением дренажей. В отношении количества жидкости допустимого для удаления ПД также нет единого мнения с колебаниями относительно объёма от 200 до 450 мл за 24 часа [21–24]. Кроме того, ПД не обязательно удаляются сразу после прекращения сброса воздуха, а обычно в течение дня после утреннего обхода. Таким образом, как только окончательные критерии будут установлены непрерывный мониторинг сброса воздуха цифровы-

ми дренажными устройствами, позволит наконец извлечь действительную пользу от своевременного удаления ПД.

Первый мета-анализ, касающийся использования различных СДПП после резекции легкого, предпринят S. Coughlin с сотр. в 2012 г. В нём проанализированы 4 РКИ, проведенные за период с 2001 по 2007 гг. [16–19]. Существенных различий с точки зрения продолжительности сброса воздуха, частоты ДУВ, продолжительности стояния ПД и продолжительности пребывания в больнице при сравнении применения СДПП с вакуум-аспирацией или с водяным затвором обнаружено не было [25]. В 2018 г. J. Zhou с коллегами провели мета-анализ 10 РКИ с участием 1601 больного по тем же вопросам и в таких же группах сравнения. В итоге на основании результатов их мета-анализа роль СДПП с водяным затвором или вакуум-аспирацией по-прежнему осталась невыясненной. Тем не менее, необходимость выборочного применения вакуум-

Таблица 1. Результаты 10 РКИ сравнивающих эффективность цифровых и аналоговых систем дренирования плевральной полости

Авторы/год	N/M (%) / Ср. возраст	Доступ	Тип операции	Осложнения (%)	ДПБ
Cerfolio R. J., Bryant A. 2008 [20]	100/51 % /62,0	VATS: 0 % торакоотомия: 100 %	ЛЭ: 55 % СЭ: 16 % АР: 29 %	Нет данных	3,3 vs. 4,0 дней ($p = 0,055$)
Filosso P. L. et al. 2010 [22]	31/67,7 %/ 69,6 ± 3,4	VATS: 0 % торакоотомия: 100 %	ЛЭ: 100 %	Нет данных	8 vs. 7 дней ($p = 0,0385$)
Brunelli A. et al. 2010 [21]	166/72,9 %/ 66,7 ± 10,9	VATS: 0 % торакоотомия: 100 %	ЛЭ: 100 %	15,06 %	6,4 vs. 6,3 дней ($p < 0,05$)
Bertolaccini L. et al. 2011 [24]	100/59 %/ 65,5 ± 13,6	Нет данных	ЛЭ: 48 % СЭ: 6 % АР: 46 %	2 %	6,5 vs. 7,1 дней ($p = 0,09$)
Pompili C. et al. 2014 [23]	390/52,3 %/ 66,2	VATS: 80,84 % торакоотомия: 19,16 %	ЛЭ: 85,3 % СЭ: 14,7 %	Нет данных	4,6 vs. 5,6 дней ($p < 0,0001$)
Lijkendijk M. et al. 2015 [27]	105/37,1 %/ 68,3	VATS: 39,04 % торакоотомия: 60,96 %	ЛЭ: 100 %	Нет данных	4 vs. 5 дней ($p = 0,65$)
Gilbert S. et al. 2015 [1]	176/36,3 %/ 68,0	VATS: 72,09 % торакоотомия: 27,91 %	ЛЭ: 76,74 % СЭ: 23,26 %	13,64 %	4,0 vs. 4,0 дней ($p = 0,09$)
Lococo F. et al. 2017 [29]	95/51,5 %/ 63,6 ± 13,0	Нет данных	ЛЭ: 52,63 % АР: 47,37 %	2,11 %	5,8 vs. 6,2 дней ($p = 0,5$)
Plourde M. et al. 2018 [28]	215/43,2 %/ 67,5 ± 9,3	VATS: 83,72 % торакоотомия: 16,28 %	ЛЭ: 93,49 % СЭ: 4,19 % АР: 2,32 %	5,12 %	4 vs. 5 дней ($p = 0,47$)

Примечание: N – количество больных; M (%) – мужской пол в %; VATS – видеоассистированная торакоскопическая хирургия; ЛЭ – лобэктомию; СЭ – сегментэктомию; АР – атипичная резекция; ДПБ – длительность пребывания в больнице.

аспирации обосновывалась присутствием остаточного или усиливающегося пневмоторакса [26]. В последнее время использование цифровых СДПП после резекций легких становится все более популярным. J. Zhou с соотр. в 2018 г. и H. Wang с соотр. в 2019 г. высказались в пользу клинического применения цифровых СДПП у больных, перенесших резекцию легких для сокращения времени сброса воздуха, длительности стояния ПД, продолжительности пребывания в больнице по сравнению с аспирационными СДПП [26].

Последний систематический обзор выявил 21 сравнительное РКИ эффективности цифровых и аналоговых СДПП с участием 3399 больных, мужчины составляют 58,9 %, средний возраст испытуемых – 63,2 г., которые были включены в мета-анализ [27]. Мета-анализ преследовал цель сравнить клиническую эффективность цифровых и аспирационных СДПП с дренажным устройством с водяным затвором с точки зрения их влияния на продолжительность стояния ПД, частоту ДУВ после резекции легкого и ДПБ. Данные о хирургическом доступе получены у 2326 больных: 1439 (61,87 %) пациентам выполнена торакотомия и 887 (38,13 %) – видеоассистированная торакоскопическая операция (VATS). Тип оперативного вмешательства установлен у 2744 пациентов: 2089 (76,13 %) выполнена лоб- или билобэктомия, 189 (6,89 %) – сегментэктомия и 466 (16,98 %) – атипичная резекция или биопсия легкого. Осложнения после резекций легких, такие как ДУВ, кровотечение, ателектаз и пневмония – нередки, на их долю приходится около 6–23 %, 0,1–0,3 %, 1–20 % и 3–25 %, соответственно. Отобранные для мета-анализа 9 РКИ сообщили о различной частоте осложнений после резекции легкого в диапазоне от 2 % до 61,54 % [12; 17; 19; 21–26].

Для изучения первичной контрольной точки, которой выбрана ДПБ, проанализировано 13 исследований [1; 16–20; 22–24; 28–31] с участием 1870 пациентов. Использование цифровых СДПП или СДПП с водяным затвором достоверно ассоциировалось с более коротким пребыванием в больнице, чем при применении СДПП с вакуум аспирацией; MD колеблется между –1,40 (95 % CI: –2,20– –0,60) для цифровых СДПП и –1,05 (95 % CI: –1,91– –0,18) для СДПП с водяным затвором [27]. Относительно продолжительности стояния ПД проанализированы 10 исследований с участием 2124 пациентов [1; 17; 18; 20; 23; 24; 28–31]. Цифровые СДПП существенно сократили продолжительность стояния

ПД (MD: –0,68; 95 % CI: –1,32– –0,04), в то время как значение СДПП с водяным затвором в сокращении продолжительности стояния ПД осталось неубедительным. По проблеме возникновения ДУВ изучено 14 исследований, включивших данные 2709 больных [17–21; 25; 28–31]. Несмотря на то, что цифровые и СДПП с водяным затвором положительно влияли на предотвращение ДУВ, оба способа не достигли статистической значимости (цифровой: OR = 0,76; 95 % CI: 0,42–1,39; с водяным затвором: OR = 0,95; 95 % CI: 0,56–1,62) [27].

Мета-анализ показал, что использование как цифровых СДПП, так и водяного затвора достоверно связано с более короткой ДПБ, чем при подключении ПД к аспирационным СДПП. Цифровые СДПП обеспечили сокращение продолжительности стояния ПД на 0,68 дня (MD: –0,68, 95 % CI: от –1,32 до –0,04), а водяной затвор на 0,45 дня (MD: –0,45, 95 % CI: от –1,11 до 0,20) по сравнению с СДПП с вакуум-аспирацией. Цифровые СДПП приводили к сокращению ДПБ на 1,4 дня (MD: –1,40, 95 % CI: от –2,20 до –0,60), в то время как применение водяного затвора связано с сокращением ДПБ на 1,05 дня (MD: –1,05, 95 % CI: от –1,91 до –0,18) по сравнению с аспирационными СДПП [27]. Логично, что более раннее удаление ПД приводит к более короткому пребыванию в больнице, что является основным результатом подтвержденным мета-анализом.

Разница в результатах между пребыванием в больнице и продолжительностью стояния ПД объяснима: во-первых, неоднородностью анализируемых исследований, представленных разными клиниками и хирургами, обладающими собственным опытом; во-вторых, тем, что исследования проводились в разное время почти на протяжении 20 лет и, следовательно, на результаты могли повлиять инновации в области анестезиологии и торакальной хирургии.

Что же касается ДУВ после резекций легких, то применение цифровых СДПП оказало положительное, хотя и статистически недостоверное, влияние на их частоту (OR = 0,76; CI: 0,42–1,39; $p = 0,78$). СДПП с водяным затвором также имеет более низкое отношение шансов OR (OR = 0,95; 95 % CI: 0,56–1,62) в предотвращении ДУВ по сравнению с СДПП с вакуум-аспирацией [27]. Полученные результаты согласуются с рекомендациями по ускоренной реабилитации после операций на легких, опубликованными в 2019 г. [32]. Рутинное применение

вакуум-аспирации для ведения ПД после резекции легкого в послеоперационном периоде больше не рекомендуется.

Таким образом, несмотря на безусловное значение дренирования плевральной полости, ПД вызывает боль, ухудшает функцию легких и мешает больным выполнять физические упражнения независимо от примененных хирургических доступов [33]. Неудобства, создаваемые длительным стоянием ПД, задерживают послеоперационную реабилитацию больных. Следовательно, раннее удаление ПД по сути является конечной целью оптимизации послеоперационного ведения после резекции легкого, позволяя сократить ДПБ и расходы, связанные с лечением [33].

В послеоперационном периоде обычно назначают рентгенографию грудной клетки (РГК), которая несмотря на минимальное побочное действие вызывает дискомфорт у больных, особенно в первые дни после операции [1; 34]. Кроме того, теперь известно, что бессимптомный пневмоторакс безопасен и протоколы ERAS рекомендуют стандартное ведение ПД [12; 35].

Ретроспективный обзор 1.550 рентгенограмм и связанных с ними проспективно собранных клинических данных у 176 больных показал, что результаты РГК не меняют тактику ведения пациентов, у которых не отмечено клинических симптомов, таких как одышка, боль в груди, тахикардия или снижение сатурации кислорода [29]. Подобным образом, в мета-анализе с участием 3.649 пациентов, назначение РГК только по клиническим показаниям уменьшило количество рентгенографий на одного пациента на 3,15 без увеличения летальности, пребывания в отделении интенсивной терапии или ДПБ [36].

РГК подразделяется на плановую или по показаниям. Плановые РГК выполняются в послеоперационном периоде автоматически так сказать без клинических показаний. Напротив РГК по показаниям назначаются только на основании клинической картины. Несмотря на отсутствие рандомизированных исследований, подтверждающих наиболее целесообразное использование РГК, ретроспективные данные свидетельствуют о том, что рентгенография по показаниям является более эффективным использованием ресурсов [13]. Плановую РГК целесообразно выполнять в раннем послеоперационном периоде для получения базовой информации, признавая малую вероятность изменения тактики ле-

чения при отсутствии клинических симптомов. Тем не менее, исходные рентгенограммы необходимы для сравнения с результатами РГК, выполненной по показаниям с целью подтверждения клинического диагноза.

Лечение ДУВ

Лечение альвеоларно-плеврального свища направлено на сокращение продолжительности стояния ПД и сроков пребывания в стационаре. В литературе по-прежнему обсуждается консервативный подход с использованием вакуум-аспирации, рассматриваются инвазивные методы, способствующие устранению ДУВ, такие как плевротомия, установка бронхиальных клапанов и повторная операция, и, наконец, возможность выписки с портативными дренажными устройствами при условии ДУВ.

Для полной ясности European Society of Thoracic Surgeons (ESTS), American Association for Thoracic Surgery (AATS), Society of Thoracic Surgeons (STS) и General Thoracic Surgery Club (GTSC) используют принятую ими стандартную терминологию, согласно которой для ведения ПД возможно: «применяемое внешнее отсасывание», определяемое как создание отрицательного давления в плевральной полости, и «не применяемое внешнее отсасывание» [37]. Такая терминология в лингвистическом контексте эквивалентна русскому определению: с использованием активной вакуум-аспирации или без таковой, т.е. ведению дренажей на водяном затворе.

В обсуждении целесообразности использования активной вакуум-аспирации для устранения ДУВ обычно рассматриваются два физиологических механизма. Первый допускает, что активное отсасывание способствует ускорению воздушного потока через свищ, предотвращая его заживление, и, следовательно, ДУВ прекратится быстрее без применения вакуум-аспирации. Другой механизм предполагает, что отсасывание способствует надлежащей аппозиции висцеральной и париетальной плевры с ликвидацией остаточной плевральной полости, тем самым способствуя герметизации свища.

Подробно рассмотренные выше результаты РКИ включают параметры, важные для протоколов ERAS, такие как: частота ДУВ, продолжительность стояния ПД, ДПБ и наличие остаточного пневмоторакса после удаления дренажей из плевральной полости. Очевидно, нет смысла повторяться, отметив, что два протокола, направленных на стандартизацию ведения больных после резекции легких,

установили режим ведения ПД с подключением их к активной вакуум-аспирации до 1-го дня послеоперационного периода с последующим переходом на водяной затвор при отсутствии противопоказаний [12; 35]. Думается на данный момент тактика ведения ПД, принятая в конкретном центре, вероятно, важнее продолжающихся дебатов о пользе и вреде применения активной вакуум-аспирации.

Несмотря на то, что современная литература в общем сосредоточена на консервативном лечении ДУВ, включая амбулаторное ведение при персистирующем сбросе воздуха и наблюдение пневмоторакса, выявленного при РГК [35], больным, плохо переносящим ДУВ, а также при угрозе развития послеоперационной пневмонии или эмпиемы плевры показаны инвазивные мероприятия для устранения осложнения. Кроме всего прочего, следует продолжать изучение новых и старых методов активного разрешения ДУВ.

Плевродез

Плевродез осуществляется без операции у постели больного с помощью химического вещества или аутологичной крови. Об использовании обоих методов сообщается в небольших когортных и РКИ. Литературные источники свидетельствуют, что плевродез аутологичной кровью (ПАК) представляется многообещающим способом разрешения ДУВ.

Многие препараты, такие как тальк, нитрат серебра, доксициклин, тетрациклин, блеомицин и интерферон, вводятся в плевральную полость с целью вызвать воспаление, приводящее к спаечному процессу. Для образования плевральных сращений химические вещества требуют хорошей аппозиции висцеральной и париетальной плевры. Воспалительная реакция нередко вызывает боль, лихорадку, одышку и даже острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС). Литература, поддерживающая применение химического плевродеза в послеоперационном периоде ограничена [38]. Однако ретроспективный обзор 41 больного после резекции легкого, получивших химический плевродез с использованием талька, доксициклина и комбинацией данных препаратов, выявил успешное прекращение ДУВ у 40 (97,6 %) пациентов. Средняя продолжительность ДУВ после введения склерозирующего средства составила 2,8 дня. Эмпиема плевры развилась у 1 (2,5 %) больного [39]. Интересное клиническое исследование эффективности трех методов лечения ДУВ после резекции легкого

опубликовано S Jabłonski, в 2018 г. Химический плевродез водным раствором йода у 30 больных и внутривидеальным введением 200 мг доксициклина у 34 пациентов сравнили с контрольной группой из 35 больных, которым вводился только раствор лидокаина. Наименьшее время стояния ПД и ДПБ наблюдалось в группе плевродеза водным раствором йода ($p < 0,001$), который ассоциировался с сильно ощутимой болью в груди ($p < 0,0001$) [39]. Несмотря на, казалось бы, обнадеживающие результаты хирурги неохотно используют химический плевродез после резекции легкого, поскольку тальк, по сути являясь инородным телом, вызывает грубый спаечный процесс, крайне затрудняющий повторное хирургическое вмешательство. Иные способы химического плевродеза с введением других препаратов сопровождаются сильной болью и далеко не всегда эффективны.

Напротив, ПАК как способ плевродеза изучен более тщательно и чаще обсуждается в своевременной литературе. ПАК предложен 35 лет назад для лечения больных спонтанным пневмотораксом. Первое сообщение о применении ПАК у больных с ДУВ после лобэктомии опубликовано 30 лет назад. В нём говорится о 2 пациентах, успешно пролеченных ПАК в качестве «последней меры» консервативной терапии при ДУВ [40]. Несколько теорий пытались объяснить механизм действия; одна предполагает, что кровь инициирует воспалительную реакцию плевры, приводящую к спаечному процессу, в то время как другая гипотеза поддерживает идею о том, что альвеолярно-плевральный свищ непосредственно закупоривается кровью [41].

С тех пор проведено несколько исследований по данному вопросу. Полезность проведения ПАК для лечения ДУВ стала предметом двух систематических обзоров и мета-анализа [42]. Первый обзор, опубликованный K. Manley с коллегами в 2012 г., включил больных с ДУВ, возникшей как в результате спонтанного пневмоторакса, так и после резекции легкого. Второй обзор, посвященный изучению роли ПАК, включил 10 исследований с участием 198 больных, у которых ДУВ развилась после торакальных операций [42].

Обычно для выполнения ПАК из периферической вены больного забирают от 50 до 120 мл крови и вводят по дренажу в плевральную полость. Сроки ПАК в зависимости от дня послеоперационного периода, в который выполнялась процедура, представлены в таблице 2. Количество крови, исполь-

зованной для плевродеза, варьировалось от 45 до 250 мл. В одном исследовании пациенты рандомизированы для ПАК объёмами крови 50 или 100 мл и сделан вывод, что у больных второй группы было значительно более короткое время дренирования плевральной полости [43]. В 9 исследованиях кровь вводилась непосредственно по плевральному дренажу, а в одном исследовании через плевральный дренаж устанавливался дополнительный катетер для обеспечения более целенаправленного введения крови [44]. Больные с подтвержденным по результатам рентгенографии грудной клетки «остаточным пространством» включены в два исследования [45; 46], а в третьем исследовании у большинства пациентов имело место «остаточное пространство» [47]. В 4 исследованиях сообщается, что в некоторых случаях требовалось более одного введения крови [44, 46–48]: так в одном наблюдении сообщалось о четырех введениях у одного пациента таблица 2 [44]. ALK ТКИ в последующих линиях таргетной терапии ранее леченого ALK-позитивного НМРЛ.

В 3 исследованиях ДУВ присутствовала в течение почти двух недель, прежде чем принято решение приступить к ПАК [44; 47]. Кроме того, в ряде исследований до ПАК безуспешно использовались такие мероприятия как плевродез с введением тетрациклина или другие способы химического плевродеза. Следовательно, реально предположить, что ПАК успешно ликвидировал ДУВ у больных с длительным или очень длительным сбросом воздуха.

Что касается обращения с ПД после процедуры ПАК, то чаще описано поднятие дренажной трубки выше уровня больного с прекращением вакуум-аспирации, в одном исследовании сообщалось о продолжении вакуум-аспирации при поднятии дренажа, и ещё в одном – дренаж пережимали на 30

мин, а затем соединяли с водяным затвором. Стоит отметить, что в последнем исследовании у всех пациентов стоял второй ПД, который оставался подключенным к водяному затвору без аспирации. Обычно ПАК проводили без какой-либо дополнительной обработки крови: в одном исследовании кровь смешивали с Пицибанилом [45], а в другом исследовании накладывали пневмоперитонеум за день до ПАК [46].

В 2 исследованиях об осложнениях после ПАК не сообщалось [43; 48], в 2 зарегистрировано по одному случаю эмпиемы [44; 49]. Кроме того, в общей сложности у 17 больных после ПАК отмечалась лихорадка, но лишь у двоих микробиологическое исследование дало положительный результат (табл. 2). Важно соблюдать полную стерильность, поскольку кровь является известной питательной средой для бактерий [42].

В итоге мета-анализ показал, что успешность ПАК для разрешения послеоперационных ДУВ в течение 48 ч составила 83,7 % (95 % CI: 75,7–90,3) для всех включенных пациентов и 85,7 % (95 % CI: 74,4–94,0) у больных, перенесших резекцию легкого. Общая частота эмпиемы после процедуры составила 1,5 %, а частота лихорадки – 8,6 %. Для выявления потенциальной корреляции между количеством крови, используемой для плевродеза и успехом ПАК рассчитан коэффициент Пирсона; никакой корреляции обнаружить не удалось ($r = 0,049$, $p = 0,893$) [42].

Относительно небольшое исследование J. J. Rivas de Andres с соавт. продемонстрировало такой же уровень успеха, как и мета-анализ. Вместе с тем по результатам последнего РКИ из Mayo Clinic показатель разрешения ДУВ после ПАК составил 65 %, что способствовало тенденции к уменьшению длительности стояния ПД с 16 до 11 суток (HR = 1,5–2;

Таблица 2. Клинические исследования плевродеза аутологичной кровью

Автор/ год	Количество больных	Время проведения процедуры	Объём вводимой крови (мл)	Осложнения
Yokomise H. et al. 1998 [45]	10	8,7 ± 4,7	50	Лихорадка 5
Droghetti A. et al. 2006 [47]	21	11 в среднем	50–150	Лихорадка 1
Andreotti C. et al. 2007 [43]	25	6 в среднем	50 или 100	Нет
Oliveira F. H. et al. 2010 [44]	27	10,6 в среднем	90	Эмпиема 1, лихорадка 1
Korasidis S. et al. 2010 [46]	39	Нет данных	100	Лихорадка 6
Dye K. et al. 2020 [49]	19	7 в среднем	45–120	Эмпиема 1
Hasan I. S. et al. 2021 [48]	34	6 день	90	Нет

$p = 0,14$), ДПБ ($p = 0,13$) и существенному снижению количества повторных госпитализаций ($HR = 0,16$; $p = 0,02$), и повторных операций по поводу ДУВ или эмпиемы ($HR = 0,11$; $p = 0,05$) [48].

В целом литература поддерживает мнение о том, что ПАК является эффективным средством устранения ДУВ у больных после резекций легкого. Учитывая имеющиеся доказательства эффективности и низкую частоту осложнений, ПАК следует рассматривать для устранения ДУВ в рамках протоколов ERAS [13]. Кроме того, интересно провести исследование для сравнения ПАК с ведением больных на портативных дренажных устройствах с учетом продолжительности стояния ПД и ДПБ в качестве основных конечных пунктов.

Эндобронхиальные клапаны (ЭК)

ЭК в настоящее время реализуются в виде эндобронхиальных клапанов (Zephyr[®], PulmonX Inc.) и внутриbronхиальных клапанов (IBV/SVS system[®], Spiration Inc.) [50]. Имплантация ЭК подробно описана и проводится в три этапа: 1. идентификация сегментарного или субсегментарного бронха, ведущего к ДУВ посредством последовательных надуваний баллона с наблюдением за прекращением сброса воздуха по дренажу плевральной полости; 2. выбор подходящего размера клапана по калибру, предоставленному производителем; 3. установка клапана [51].

В современной литературе не уделяется особого внимания лечению послеоперационной ДУВ с помощью установки ЭК. Публикации об их использовании для лечения ДУВ ограничены сериями случаев, которые включают послеоперационные ДУВ, наряду с другими причинами, такими как спонтанный, травматический и ятрогенный пневмоторакс [51]. Международное исследование с участием 40 пациентов, которым установлены ЭК для устранения ДУВ, включило 8 больных с послеоперационными ДУВ. После установки ЭК у 19 (47,5 %) из 40 пациентов ДУВ полностью устранена, у 18 (45 %) больных интенсивность сброса воздуха уменьшилась, у 2 (5 %) – не было ответа. Медиана и средняя продолжительность дренирования плевральной полости после процедуры составили 7,5 дней и 21 день, соответственно. Медиана и среднее значение ДПБ после установки клапана составили 19 дней и 11 дней, соответственно [52].

В другой работе с помощью ЭК пытались лечить 9 пациентов со средней продолжительностью ДУВ

более 4 недель. У 7 (77,8 %) больных проведена успешная установка клапана; в среднем использовано 3,5 клапана. Средняя продолжительность ДУВ после установки клапана составила 1 день и четыре пациента выписаны в течение 2–3 дней после установки клапана [53]. Ещё в одном исследовании 21 (10 после резекции легкого) больному с ДУВ проведено 24 процедуры по установке ЭК. Дренирование плевральной полости в среднем продолжалось в течение 15 дней, а средняя ДПБ составила 5 дней после установки клапана [54].

Очевидно, использование ЭК для лечения послеоперационных ДУВ ограничено небольшим количеством случаев. Эндобронхиальные клапаны в основном применялись в качестве последнего средства или у больных с невозможностью употребления других методов лечения. Возможно, их более раннее использование сможет улучшить результаты. Для сравнения ЭК со стандартным лечением ДУВ в настоящее время проводится многоцентровое проспективное РКИ (Valves Against Standard Therapy), которое не ограничивается послеоперационными ДУВ [55]. В дополнение к риску увеличения обострений ХОБЛ, развитию пневмонии и кровохарканья, установка ЭК при послеоперационных ДУВ может сопровождаться развитием ателектазов. Следовательно, до тех пор, пока не будет получено больше данных, ЭК должны оставаться последним средством для устранения послеоперационных ДУВ.

Повторная операция

Нет никаких исследований, сравнивающих повторную операцию с другими методами лечения ДУВ. Описано множество интраоперационных способов предотвращения ДУВ, в том числе: укрепление линий механического шва, использование хирургических герметиков, создание плевральных тентов и наложение пневмоперитонеума [12]. Однако все они не изучены в условиях повторного применения.

Тем не менее, повторное вмешательство требуется редко [56]. Вероятно, операция наиболее показана, когда интенсивный сброс воздуха неожиданно обнаруживается в течение первых 24 часов после резекции легкого. Ранняя повторная операция помогает исключить несостоятельность швов бронхов, выявить и ушить повреждения паренхимы легкого или укрепить линии механического шва и применить, упомянутые выше, способы предотвраще-

ния ДУВ. Протоколы ERAS при резекции легких не предусматривают выполнения повторных операций и в основном сосредоточены на более консервативном лечении ДУВ [14]. Повторная операция, как правило, показана не многим больным и выполняется в раннем послеоперационном периоде при интенсивных ДУВ или в случаях отсроченного возникновения массивного сброса воздуха.

Амбулаторное ведение

ДУВ будет развиваться независимо от передовой практики торакальной хирургии. Пока инвазивные методики лечения ДУВ не будут основательно изучены для получения максимальной отдачи протоколы ERAS предусматривают амбулаторное ведение ДУВ. В протоколах должны быть четко определены три позиции: 1. когда подключать больного пациента к портативному дренажному устройству; 2. как и когда проводить амбулаторное наблюдение; 3. каковы критерии удаления дренажа из плевральной полости.

R. J. Cerfolio с сотр. подключали клапан Геймлиха к ПД у 55 пациентов со сбросом воздуха, из которых у 22 он прекратился в течение суток, но у 33 больных диагностирована ДУВ. В 6 наблюдениях клапан Геймлиха не дал эффекта, потребовав повторного подключения ПД в водяному затвору или к вакуум-аспиратору; у всех пациентов сброс воздуха относился к 4 степени по Robert David Cerfolio Classification System. В конце концов, все 33 пациента выписаны домой с клапаном Геймлиха и лечились амбулаторно. В более масштабном исследовании, включившем 193 пациента с ДУВ, R. J. Cerfolio с сотр. показали, что 190 из них были вылечены без тяжёлых осложнений, а у всех 3 больных с осложнениями был нарушен иммунитет [57].

Ретроспективный обзор перспективно собранных данных 65 пациентов, выписанных с портативными дренажными устройствами, обнаружил снижение ДПБ в среднем на 3,65 дня по сравнению с базой данных STS (Society of Thoracic Surgeons) в качестве контроля [58]. Еще один ретроспективный анализ данных 73 больных, выписанных из клиники в течение 10-летнего периода, вновь показал снижение ДПБ (среднее 3,88 дня) по сравнению с контрольной группой в том же учреждении (среднее 5,68 дня). Увеличения количества осложнений у пациентов, выписанных с портативным дренажным устройством не отмечено и только двум больным потребовались повторные госпитализации [59].

В другом исследовании ПД подключались к клапану Геймлиха на 4 день послеоперационного периода, а пациенты выписывались между 5 и 11 днями послеоперационного периода после обучения, как проверить сброс воздуха, по прекращении которого дренаж удалялся. При ДУВ более 2 недель больные госпитализировались для провокативного пережатия ПД и решения вопроса об их удалении [55]. Позже R. J. Cerfolio с соавт. сообщил о подключении 193 пациентов к портативному дренажному устройству на 3 день после операции с выпиской на 4 день. Все больные выписывались с рекомендацией перорального приема антибиотиков. Дренажи из плевральной полости удалялись в среднем через 16,5 дней после выписки, даже при наличии ДУВ или пневмоторакса по результатам РГК [57]. A. M. Royer с сотр. обследовали пациентов в течение 3 дней после выписки и всем выполнялась РГК. Дренажи из плевральной полости в среднем удалялись через 4,7 дня после выписки [58]. R. K. Schmocker с коллегами обследовали больных через 4–5 дней после выписки с помощью РГК и оценки наличия сброса воздуха. Дренажи удалялись в среднем через 8,3 дня после выписки [59].

Очевидно, что ДУВ негативно влияет на сроки начала адьювантного лечения [60]. Таким образом, имеются ретроспективные данные о том, что пациентов можно безопасно выписать домой с портативными дренажными устройствами. В большинстве исследований больные выписывались на 4 или 5 день после операции с последующим наблюдением в течение 3–5 дней. Дренажи плевральной полости обычно удалялись в течение 4–11 дней после выписки и одно исследование показало, что все ПД могут быть удалены примерно на 17 день после выписки даже при наличии ДУВ или пневмоторакса [59]. В дальнейшем раннее выявление пациентов, у которых возможна выписка с портативными дренажными системами и прогнозирование дня прекращения сброса воздуха, обеспечит своевременную выписку и планирование последующего наблюдения, снизив затраты на медицинское обслуживание.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ДУВ после резекции легких, остаётся наиболее распространенным послеоперационным осложнением в торакальной хирургии. Анализ современной литературы свидетельствует о том, что цифровые дренажные системы, предо-

ставляя объективные, документально подтвержденные доказательства прекращения сброса воздуха, принесут пользу для реализации протоколов ERAS, преследующих цель максимально раннего удаления плевральных дренажей. Представлены четкие доказательства того, что использование активной вакуум-аспирации не предотвращает сброс воздуха, а, возможно, усиливает его, поэтому алгоритмы, основанные на опыте конкретного учреждения, обеспечат оптимальное ведение плевральных дренажей, в частности, и при развитии послеоперационных ДУВ. Использование рутинной РГК сводится к минимуму, если нет клинических показаний. Наиболее многообещающим малоинва-

зивным способом устранения ДУВ представляется плевродез аутологичной кровью. Вместе с тем, пока его роль не будет подтверждена масштабным рандомизированным клиническим исследованием, сохранится потребность в консервативном ведении ДУВ с ранней выпиской больных с портативными дренирующими устройствами.

Последние достижения в области технологий и научно обоснованные подходы в торакальной хирургии обеспечивают платформу для устранения противоречий в послеоперационном уходе за больными, перенесшими резекции легкого, создавая прочную основу для разработки алгоритмов борьбы с ДУВ.

Список источников

1. Gilbert S, McGuire AL, Maghera S, Sundaresan SR, Seely AJ, Maziak DE, et al. Randomized trial of digital versus analog pleural drainage in patients with or without a pulmonary air leak after lung resection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015 Nov;150(5):1243–1249. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.08.051>
2. Petrella F, Spaggiari L. Prolonged air leak after pulmonary lobectomy. *J Thorac Dis.* 2019 Sep;11(Suppl 15):S1976–S1978. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.07.49>
3. Kozower BD, LoCicero J, Feins RH, Colson YL, Gaetano R. Shields' general thoracic surgery. 8th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2019, 573–585 p.
4. Attaar A, Winger DG, Luketich JD, Schuchert MJ, Sarkaria IS, Christie NA, et al. A clinical prediction model for prolonged air leak after pulmonary resection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017 Mar;153(3):690–699.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.10.003>
5. Gómez-Caro A, Roca MJ, Torres J, Cascales P, Terol E, Castañer J, et al. Successful use of a single chest drain postlobectomy instead of two classical drains: a randomized study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006 Apr;29(4):562–566. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2006.01.019>
6. Pawelczyk K, Marciniak M, Kacprzak G, Kolodziej J. One or two drains after lobectomy? A comparison of both methods in the immediate postoperative period. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2007 Aug;55(5):313–316. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964930>
7. Okur E, Baysungur V, Tezel C, Sevilgen G, Ergene G, Gokce M, et al. Comparison of the single or double chest tube applications after pulmonary lobectomies. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009 Jan;35(1):32–35. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2008.09.009>
8. Tanaka M, Sagawa M, Usuda K, Machida Y, Ueno M, Motono N, et al. Postoperative drainage with one chest tube is appropriate for pulmonary lobectomy: a randomized trial. *Tohoku J Exp Med.* 2014 Jan;232(1):55–61. <https://doi.org/10.1620/tjem.232.55>
9. Alex J, Ansari J, Bahalkar P, Agarwala S, Rehman MU, Saleh A, et al. Comparison of the immediate postoperative outcome of using the conventional two drains versus a single drain after lobectomy. *Ann Thorac Surg.* 2003 Oct;76(4):1046–1049. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(03\)00884-1](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(03)00884-1)
10. Zhou D, Deng XF, Liu QX, Chen Q, Min JX, Dai JG. Single chest tube drainage is superior to double chest tube drainage after lobectomy: a meta-analysis. *J Cardiothorac Surg.* 2016 May 27;11(1):88. <https://doi.org/10.1186/s13019-016-0484-1>
11. Zhang X, Lv D, Li M, Sun G, Liu C. The single chest tube versus double chest tube application after pulmonary lobectomy: A systematic review and meta-analysis. *J Cancer Res Ther.* 2016 Dec;12(Supplement):C309–C316. <https://doi.org/10.4103/0973-1482.200743>
12. French DG, Plourde M, Henteleff H, Mujoomdar A, Bethune D. Optimal management of postoperative parenchymal air leaks. *J Thorac Dis.* 2018 Nov;10(Suppl 32):S3789–S3798. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.10.05>
13. Cerfolio RJ. Advances in thoracostomy tube management. *Surg Clin North Am.* 2002 Aug;82(4):833–848. [https://doi.org/10.1016/s0039-6109\(02\)00026-9](https://doi.org/10.1016/s0039-6109(02)00026-9)
14. Gonfiotti A, Viggiano D, Voltolini L, Bertani A, Bertolaccini L, Crisci R, et al. Enhanced recovery after surgery and video-assisted thoracic surgery lobectomy: the Italian VATS Group surgical protocol. *J Thorac Dis.* 2018 Mar;10(Suppl 4):S564–S570. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.01.157>

15. Varela G, Jiménez MF, Novoa NM, Aranda JL. Postoperative chest tube management: measuring air leak using an electronic device decreases variability in the clinical practice. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009 Jan;35(1):28–31. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2008.09.005>
16. Cerfolio RJ, Bryant AS. The benefits of continuous and digital air leak assessment after elective pulmonary resection: a prospective study. *Ann Thorac Surg.* 2008 Aug;86(2):396–401. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2008.04.016>
17. Brunelli A, Salati M, Refai M, Di Nunzio L, Xiumé F, Sabbatini A. Evaluation of a new chest tube removal protocol using digital air leak monitoring after lobectomy: a prospective randomised trial. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010 Jan;37(1):56–60. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.05.006>
18. Filosso PL, Ruffini E, Solidoro P, Molinatti M, Bruna MC, Oliaro A. Digital air leak monitoring after lobectomy for primary lung cancer in patients with moderate COPD: can a fast-tracking algorithm reduce postoperative costs and complications? *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2010 Jun;51(3):429–433.
19. Pompili C, Detterbeck F, Papagiannopoulos K, Sihoe A, Vachlas K, Maxfield MW, et al. Multicenter international randomized comparison of objective and subjective outcomes between electronic and traditional chest drainage systems. *Ann Thorac Surg.* 2014 Aug;98(2):490–496. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.03.043>
20. Bertolaccini L, Rizzardi G, Filice MJ, Terzi A. “Six sigma approach” - an objective strategy in digital assessment of postoperative air leaks: a prospective randomised study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011 May;39(5):e128–132. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.12.027>
21. Cho HM, Hong YJ, Byun CS, Hwang JJ. The usefulness of Wi-Fi based digital chest drainage system in the post-operative care of pneumothorax. *J Thorac Dis.* 2016 Mar;8(3):396–402. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.02.54>
22. Lijkendijk M, Licht PB, Neckelmann K. Electronic versus traditional chest tube drainage following lobectomy: a randomized trial. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015 Dec;48(6):893–898. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu535>
23. Plourde M, Jad A, Dorn P, Harris K, Mujoomdar A, Henteleff H, et al. Digital Air Leak Monitoring for Lung Resection Patients: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Ann Thorac Surg.* 2018 Dec;106(6):1628–1632. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.06.080>
24. Chiappetta M, Lococo F, Nachira D, Ciavarella LP, Congedo MT, Porziella V, et al. Digital Devices Improve Chest Tube Management: Results from a Prospective Randomized Trial. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2018 Oct;66(7):595–602. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1607443>
25. Coughlin SM, Emmerton-Coughlin HMA, Malthaner R. Management of chest tubes after pulmonary resection: a systematic review and meta-analysis. *Can J Surg.* 2012 Aug;55(4):264–270. <https://doi.org/10.1503/cjs.001411>
26. Zhou J, Chen N, Hai Y, Lyu M, Wang Z, Gao Y, et al. External suction versus simple water-seal on chest drainage following pulmonary surgery: an updated meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019 Jan 1;28(1):29–36. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivy216>
27. Chang PC, Chen KH, Jhou HJ, Lee CH, Chou SH, Chen PH, et al. Promising Effects of Digital Chest Tube Drainage System for Pulmonary Resection: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *J Pers Med.* 2022 Mar 22;12(4):512. <https://doi.org/10.3390/jpm12040512>
28. Brunelli A, Salati M, Pompili C, Refai M, Sabbatini A. Regulated tailored suction vs regulated seal: a prospective randomized trial on air leak duration. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013 May;43(5):899–904. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezs518>
29. Marjański T, Sternau A, Rzyman W. THORACIC SURGERY
The implementation of a digital chest drainage system significantly reduces complication rates after lobectomy – a randomized clinical trial. *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska/Polish Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2013;10(2):133–138. <https://doi.org/10.5114/kitp.2013.36133>
30. Gocyk W, Kuźdzał J, Włodarczyk J, Grochowski Z, Gil T, Warmus J, et al. Comparison of Suction Versus Nonsuction Drainage After Lung Resections: A Prospective Randomized Trial. *Ann Thorac Surg.* 2016 Oct;102(4):1119–1124. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.04.066>
31. Leo F, Duranti L, Girelli L, Furia S, Billè A, Garofalo G, et al. Does external pleural suction reduce prolonged air leak after lung resection? Results from the AirINTrial after 500 randomized cases. *Ann Thorac Surg.* 2013 Oct;96(4):1234–1239. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.04.079>
32. Batchelor TJP, Rasburn NJ, Abdelnour-Berchtold E, Brunelli A, Cerfolio RJ, Gonzalez M, et al. Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2019 Jan 1;55(1):91–115. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezy301>
33. Toth JW, Reed MF, Ventola LK. Chest Tube Drainage Devices. *Semin Respir Crit Care Med.* 2019 Jun;40(3):386–393. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1694769>

34. French DG, Dilena M, LaPlante S, Shamji F, Sundaresan S, Villeneuve J, et al. Optimizing postoperative care protocols in thoracic surgery: best evidence and new technology. *J Thorac Dis.* 2016 Feb;8(Suppl 1):S3–S11. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2015.10.67>
35. Drahush N, Miller AD, Smith JS, Royer AM, Spiva M, Headrick JR. Standardized Approach to Prolonged Air Leak Reduction After Pulmonary Resection. *Ann Thorac Surg.* 2016 Jun;101(6):2097–2101. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.01.049>
36. Reeb J, Falcoz PE, Olland A, Massard G. Are daily routine chest radiographs necessary after pulmonary surgery in adult patients? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013 Dec;17(6):995–998. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivt352>
37. Brunelli A, Beretta E, Cassivi SD, Cerfolio RJ, Detterbeck F, Kiefer T, et al. Consensus definitions to promote an evidence-based approach to management of the pleural space. A collaborative proposal by ESTS, AATS, STS, and GTSC. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011 Aug;40(2):291–297. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.05.020>
38. Liberman M, Muzikansky A, Wright CD, Wain JC, Donahue DM, Allan JS, et al. Incidence and risk factors of persistent air leak after major pulmonary resection and use of chemical pleurodesis. *Ann Thorac Surg.* 2010 Mar;89(3):891–897. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.12.012>
39. Jabłonski S, Kordiak J, Wcisło S, Terlecki A, Misiak P, Santorek-Strumiłło E, et al. Outcome of pleurodesis using different agents in management prolonged air leakage following lung resection. *Clin Respir J.* 2018 Jan;12(1):183–192. <https://doi.org/10.1111/crj.12509>
40. Rinaldi S, Felton T, Bentley A. Blood pleurodesis for the medical management of pneumothorax. *Thorax.* 2009 Mar;64(3):258–260. <https://doi.org/10.1136/thx.2007.089664>
41. Dumire R, Crabbe MM, Mappin FG, Fontenelle LJ. Autologous “blood patch” pleurodesis for persistent pulmonary air leak. *Chest.* 1992 Jan;101(1):64–66. <https://doi.org/10.1378/chest.101.1.64>
42. Karampinis I, Galata C, Arani A, Grilli M, Hetjens S, Shackcloth M, et al. Autologous blood pleurodesis for the treatment of postoperative air leaks. A systematic review and meta-analysis. *Thorac Cancer.* 2021 Oct;12(20):2648–2654. <https://doi.org/10.1111/1759-7714.14138>
43. Andreotti C, Venuta F, Anile M, De Giacomo T, Diso D, Di Stasio M, et al. Pleurodesis with an autologous blood patch to prevent persistent air leaks after lobectomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007 Mar;133(3):759–762. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.10.042>
44. Oliveira FHS, Cataneo DC, Ruiz RL, Cataneo AJM. Persistent pleuropulmonary air leak treated with autologous blood: results from a university hospital and review of literature. *Respiration.* 2010;79(4):302–306. <https://doi.org/10.1159/000226277>
45. Yokomise H, Satoh K, Ohno N, Tamura K. Autoblood plus OK432 pleurodesis with open drainage for persistent air leak after lobectomy. *Ann Thorac Surg.* 1998 Feb;65(2):563–565. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(97\)01309-x](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(97)01309-x)
46. Korasidis S, Andreotti C, D’Andrilli A, Ibrahim M, Ciccone A, Poggi C, et al. Management of residual pleural space and air leaks after major pulmonary resection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010 Jun;10(6):923–925. <https://doi.org/10.1510/icvts.2009.231241>
47. Droghetti A, Schiavini A, Muriana P, Comel A, De Donno G, Beccaria M, et al. Autologous blood patch in persistent air leaks after pulmonary resection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006 Sep;132(3):556–559. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.05.033>
48. Hasan IS, Allen MS, Cassivi SD, Harmsen WS, Mahajan N, Nichols FC, et al. Autologous blood patch pleurodesis for prolonged postoperative air leaks. *J Thorac Dis.* 2021 Jun;13(6):3347–3358. <https://doi.org/10.21037/jtd-20-1761>
49. Dye K, Jacob S, Ali M, Orlando D, Thomas M. Autologous Blood Patching to Mitigate Persistent Air Leaks Following Pulmonary Resection: A Novel Approach. *Cureus.* 2020 Apr 20;12(4):e7742. <https://doi.org/10.7759/cureus.7742>
50. Dugan KC, Laxmanan B, Murgu S, Hogarth DK. Management of Persistent Air Leaks. *Chest.* 2017 Aug;152(2):417–423. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.02.020>
51. Mahajan AK, Doeing DC, Hogarth DK. Isolation of persistent air leaks and placement of intrabronchial valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Mar;145(3):626–630. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.12.003>
52. Travaline JM, McKenna RJ, De Giacomo T, Venuta F, Hazelrigg SR, Boomer M, et al. Treatment of persistent pulmonary air leaks using endobronchial valves. *Chest.* 2009 Aug;136(2):355–360. <https://doi.org/10.1378/chest.08-2389>
53. Gillespie CT, Sterman DH, Cerfolio RJ, Nader D, Mulligan MS, Mularski RA, et al. Endobronchial valve treatment for prolonged air leaks of the lung: a case series. *Ann Thorac Surg.* 2011 Jan;91(1):270–273. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.07.093>
54. Reed MF, Gilbert CR, Taylor MD, Toth JW. Endobronchial Valves for Challenging Air Leaks. *Ann Thorac Surg.* 2015 Oct;100(4):1181–1186. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.04.104>
55. Mahajan AK, Khandhar SJ. Bronchoscopic valves for prolonged air leak: current status and technique. *J Thorac Dis.* 2017 Mar;9(Suppl 2):S110–S115. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.12.63>

56. Burt BM, Shrager JB. Prevention and management of postoperative air leaks. *Ann Cardiothorac Surg*. 2014 Mar;3(2):216–218. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2225-319X.2014.03.03>
57. Cerfolio RJ, Minnich DJ, Bryant AS. The removal of chest tubes despite an air leak or a pneumothorax. *Ann Thorac Surg*. 2009 Jun;87(6):1690–1694. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.01.077>
58. Royer AM, Smith JS, Miller A, Spiva M, Holcombe JM, Headrick JR. Safety of Outpatient Chest Tube Management of Air Leaks After Pulmonary Resection. *Am Surg*. 2015 Aug;81(8):760–763.
59. Schmocker RK, Vanness DJ, Macke RA, Akhter SA, Maloney JD, Blasberg JD. Outpatient air leak management after lobectomy: a CMS cost analysis. *J Surg Res*. 2016 Jun 15;203(2):390–397. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.03.043>
60. Кит О. И., Водолажский Д. И., Максимов А. Ю., Лазутин Ю. Н., Пыльцин С. П., Лейман И. А. и др. Молекулярно-генетические и фенотипические особенности больных аденокарциномой легкого жителей юга России. *Молекулярная медицина*, 2016;14(6):35–40. EDN: UYXTTA

Информация об авторах:

Иозефи Кристиан Дмитриевич [✉] – аспирант, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5351-3251>, SPIN: 1232-3097, AuthorID: 1122592, ResearcherID: AAZ-3632-2021

Харагезов Дмитрий Акимович – к.м.н., хирург, заведующий отделением торакальной онкологии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0640-2994>, SPIN: 5120-0561, AuthorID: 733789, ResearcherID: AAZ-3638-2021, Scopus Author ID: 56626499300

Лазутин Юрий Николаевич – к.м.н., доцент, ведущий научный сотрудник отдела торакальной онкологии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6655-7632>, SPIN: 5098-7887, AuthorID: 364457

Статешный Олег Николаевич – онколог отделения торакальной онкологии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4513-7548>, SPIN: 9917-1975, AuthorID: 1067071

Милакин Антон Григорьевич – онколог отделения торакальной онкологии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2589-7606>, SPIN: 7737-4737, AuthorID: 794734

Лейман Игорь Александрович – к.м.н., врач-онколог отделения торакальной хирургии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2572-1624>, SPIN: 2551-0999, AuthorID: 735699

Айрапетова Тамара Георгиевна – к.м.н., хирург отделения торакальной онкологии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. SPIN: 8121-4039, AuthorID: 794672

Витковская Виктория Николаевна – онколог клинико-диагностического отделения, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9603-1607>

Гаппоева Мадина Асланбековна – онколог клинико-диагностического отделения, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0783-8626>

Мирзоян Эллада Арменовна – аспирант, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0328-9714>, SPIN: 2506-8605, AuthorID: 1002948, ResearcherID: AAZ-2780-2021, Scopus Author ID: 57221118516

Хомидов Мехруллоходжа Абдусудурович – аспирант, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0645-0937>

Шевченко Алексей Николаевич – д.м.н., профессор, заведующий отделением онкоурологии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9468-134X>, SPIN: 2748-2638, AuthorID: 735424, ResearcherID: Y-5387-2018, Scopus Author ID: 57192283096

Димитриади Сергей Николаевич – д.м.н., старший научный сотрудник отделения онкоурологии, ФГБУ «НМИЦ онкологии» Минздрава России, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2565-1518>, SPIN: 8337-8141, AuthorID: 692389, ResearcherID: P-9273-2017

Вклад авторов:

Иозефи К. Д. – сбор, анализ данных, написание текста;

Харагезов Д. А., Лазутин Ю. Н. – научное редактирование, обработка материала;

Статешный О. Н., Милакин А. Г., Лейман И. А., Айрапетова Т. Г., Витковская В. Н., Гаппоева М. А., Мирзоян Э. А., Хомидов М. А., Шевченко А. Н., Димитриади С. Н. – техническое редактирование, оформление библиографии.